

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3080430号

(P3080430)

(45) 発行日 平成12年 8 月28日 (2000. 8. 28)

(24) 登録日 平成12年 6 月23日 (2000. 6. 23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

B 0 1 D 63/02

B 0 1 D 63/02

63/00

5 1 0

63/00

5 1 0

69/08

69/08

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平3-123168

(22) 出願日 平成3年4月26日 (1991. 4. 26)

(65) 公開番号 特開平4-227030

(43) 公開日 平成4年8月17日 (1992. 8. 17)

審査請求日 平成10年4月1日 (1998. 4. 1)

(31) 優先権主張番号 特願平2-172692

(32) 優先日 平成2年7月2日 (1990. 7. 2)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000116806

旭メディカル株式会社

東京都千代田区神田美土代町9番地1

(72) 発明者 花井 智司

宮崎県延岡市旭町6丁目4100番地 旭メ

ディカル株式会社内

(72) 発明者 似鳥 嘉昭

宮崎県延岡市旭町6丁目4100番地 旭メ

ディカル株式会社内

(72) 発明者 渡邊 哲夫

宮崎県延岡市旭町6丁目4100番地 旭化

成工業株式会社内

(74) 代理人 100087103

弁理士 佐々木 俊哲

審査官 谷口 博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 選択透過性中空繊維束及びそれを内蔵した流体分離装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中空繊維1本に対し2～3, 000本の割合で繊維0.05～20デニールのフィラメントが該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつ少なくとも一部の該フィラメントが該中空繊維に絡みつくことにより該中空繊維が該フィラメントにより互いに結束された状態にある選択透過性中空繊維束。

【請求項2】 中空繊維1本に対し2～3, 000本の割合で繊維0.05～20デニールのフィラメントが該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつ少なくとも一部の該フィラメントが該中空繊維に絡みつくことにより該中空繊維が該フィラメントにより互いに結束された状態にある選択透過性中空繊維束を内蔵する流体分離装置。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、限外濾過法、透析法、浸透法、逆浸透法等による液体の分離や混合気体の分離などに利用することができる選択透過性中空繊維束及びそれを内蔵した流体分離装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 中空繊維型の流体分離装置に対する小型、高性能化の要求は非常に高い。この要求に応えるために従来から装置の分離効率の低下の原因となる流体の装置内部での偏流を防止すべく、1本又は2本の中空繊維毎にスパーサーヤーンをラセン状に巻きつけて、中空繊維と中空繊維との距離を実質的にはほぼ一定となるように規制する方法（特公昭59-18084号公報）や、中空繊維束の中に特殊な形状をもった複数の糸状体を分散させ、中空繊維同士の密着を防止する方法（特開平2

ー60658号公報)、また、撚糸を中空繊維と平行に且つ個々の中空繊維に結合させずに中空繊維束内に均一に付与して流体分離装置の筒状容器内の不要空間を充填し、局所的な流れの抵抗を選択的に増大させる方法(特開平2-140172号公報)等が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特公昭59-18084号に提案されている方法では、1本又は2本の中空繊維毎に巻きつけられたスパーサーヤーンにより分離効率の向上は図れるものの、中空繊維束全体がかなり高くなるため、分離装置筒体内への中空繊維の充填率を60%以上の高いものにしようすると中空繊維束を流体分離装置の筒状容器にセットする際無理に絞って細くする必要があり、中空繊維に損傷を与えやすく成型収率が大幅に低下してしまう。また、スパーサーヤーンに細いものを使用することは充填率の向上を一応可能にするが、巻きつけ作業は困難を極め、中空繊維束の量産が行えない。また、ラセン巻の場合は中空繊維の長さ方向に、隣接する中空繊維との間にスパーサーヤーンが存在しない区間が多いため、細いスパーサーヤーンでは、スパーサーとしての役目がほとんど発揮されず分離効率が向上しない。中空繊維の充填率を上げて選択透過性中空繊維の有効膜面積を増加させると同時にその膜面をできるだけ分離に寄与させることは、流体分離装置の小型、高性能化にとって極めて重要であるため、これらの点が本従来法の問題であった。

【0004】また、特開平2-60658号に提案されている方法では、中空繊維の一部を性能に寄与しない糸状体で置き換えているために、性能発現にとって重要な選択透過性中空繊維の有効膜面積を十分に確保することができず小型、高性能化に不向きである。さらに、糸状体には軸方向に波形状、径変化、ラセン状または表面に凹凸が付与されており、このような形状の糸状体の製造には手間がかかり、高価になるといった問題もある。

【0005】また、特開平2-140172号公報に提案されている方法は同一の筒状容器内に異なる本数の中空繊維を充填することにより、一種類の容器で種々の膜面積の透析器を製造することを目的としたものであり、撚糸は使用する中空繊維の本数の差によって生じる筒状容器内の不要空間の充填のために、中空繊維と同等の径のものを中空繊維10~25本あたりに1本入れることを提案しているにすぎず、高い分離効率と有効膜面積の増加を同時に満たそうとする流体分離装置の小型、高性能化には不向きである。

【0006】これらの従来技術に鑑み、本発明者らは分離効率に優れ、同時に選択透過性中空繊維の充填率を向上させることにより有効膜面積を増加させた小型且つ高性能な流体分離装置の実現を課題とした。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記課題

を、中空繊維束を内蔵してなる流体分離装置用の選択透過性中空繊維束の間隙に、該中空繊維1本に対し2~3,000本の割合で繊維度が0.05~20デニールのフィラメントを該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列し、且つ少なくとも一部の該フィラメントを該中空繊維に絡みつけることによって解決した。

【0008】

【発明の構成】本発明の選択透過性中空繊維束と流体分離装置に内蔵される中空繊維は、選択的な透過能を有する中空繊維である限りにおいては素材及び形状などによって限定されることはないが、例えばポリアクリロニトリル、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレートなどのポリオレフィン系重合体、ポリアミド系重合体、ポリエステル系重合体、銅アンモニア再生セルロース、酢酸セルロースなどのセルロース系重合体から形成される。

【0009】中空繊維の外径、内径及び長さなども特に限定されるものではないが、フィラメントの効果がよく現われるのは外径が約100~1,000 μ mの中空繊維を内蔵する流体分離装置、特に血液透析装置の場合である。

【0010】本発明に用いられるフィラメントは、中空繊維束内に分散させて中空繊維と中空繊維の間に極めて微小でばらつきの少ない間隙を形成させると同時に中空繊維束を集束し互いに結束させる役割を有するものであり、その繊維度及び中空繊維1本に対して分散させる混入比は、本発明の目的を達成させるために欠くべからざる要件である。即ち、フィラメントの繊維度は0.05~20デニールであることが必須であり、好ましくは0.5~10デニール、更に好ましくは1~5デニールである。細いフィラメントは他のフィラメントや中空繊維との絡みが良いので中空繊維の結束性を高める点で好ましいが、繊維度が0.05デニール未満では作業性が極端に悪くなり中空繊維束へのばらつきのない分散が困難である上、中空繊維間に十分な隙間をあけることができない。また20デニールを越えると高粘性が増し、選択透過性中空繊維の有効膜面積を上げることができず小型、高性能化にとって不適當である上に、フィラメントのコシが強くなりすぎて他のフィラメントや中空繊維と絡む能力が劣ってしまう。

【0011】また、フィラメントの混入比は中空繊維1本に対し2~3,000本が必須であり、好ましくは2~500本、更に好ましくは3~100本である。混入比が1本以下では、選択透過性中空繊維間に十分な流路が形成できず、偏流により分離効率が低下してしまう上にフィラメントによる中空繊維の結束効果が乏しく、本発明の効果が十分に発揮されない。

【0012】フィラメントの繊維度と混入比は互いの兼ね合いで適宜決定される。即ち繊維度が低いほどフィラメントの混入比を多くとる必要があるが、それでも混入比が

3,000本を越えると中空繊維束の高高性が増し、選択透過性中空繊維の有効膜面積を上げることができず小型、高性能化にとって不適当である。以上の条件を満たすフィラメントは、中空繊維束内に分離されると少なくとも一部が中空繊維に絡みつき、また、多く場合フィラメント同士も絡みあって、それにより束全体が密に集束される。

【0013】フィラメントの素材は特に限定されるものではなく、例えばポリエステル、ポリアミド、ポリアクリロニトリル、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、セルロース、セルロースエステル系の繊維などが目的、用途に応じて適宜用いられる。具体的には例えば腐食性の強い流体の分離には、ポリフッ化ビニリデン系繊維が好ましく、また血液透析の場合には溶出物の少ないポリエステル、セルロースエステルなどの繊維が好ましく用いられる。

【0014】本発明に用いられるフィラメントは、前述の織度を満たすものであれば、その形状は限定されないが、特に中空繊維を高高にしないように結束するためには、長さ方向に実質的に連続した一定の断面形状を有する単繊維が、中空繊維束の製造の容易性やコスト面からも好ましい。フィラメントの混入比を小さくする場合に

は断面形状が非円形の任意の形状のフィラメントを用いると、フィラメントの中空繊維への絡みが良く結束性が向上する。

【0015】本発明において中空繊維とフィラメントとは中空繊維束全長にわたって実質的に同一方向に配列されているが、個々のフィラメントは必ずしも長手方向全域にわたって中空繊維とほぼ平行に直線状に並んでいるのではなく、一部は微小区間で波をうっていたり、数本の中空繊維にゆるやかにまたがるように斜めに走っているものもある。したがってフィラメントの一部は隣接するフィラメントと交絡し、また別のフィラメントの一部は1本～数本の中空繊維の外壁面に這うように接しており、各部位でのこれらフィラメントの交絡や接触が、全体として中空繊維束の全長にわたる束割れのしない密な集束をもたらしている。

【0016】第1図は本発明の選択透過性中空繊維束の任意の横断面の模式図を示している。フィラメント2の直径は中空繊維1のその約 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ と極めて細いので、フィラメント2の存在はそれが全く無い場合と比べて中空繊維束全体の嵩をほとんど増加させず中空繊維の充填率の高い束を実現させる。また、中空繊維のみから構成される束の場合は外周を帯などで拘束しない限り各中空繊維はばらばらになってしまい、密に集束された状態の束としては存在し得ないが、本発明の中空繊維束ではフィラメントが各中空繊維を不要な大きい隙間をつくらずに結束する役割を果たし、中空繊維間の距離をどの部位でも微小且つほぼ一定の状態に維持させている。したがって本発明の中空繊維束は、特別な外力を与

えない限り束の状態をほぼ維持しており、非常に取り扱い易い。すなわち、従来の中空繊維では束全体を包囲する「巻き紙」の使用が必要不可欠であったが、本発明の中空繊維束では中空繊維束の、特に束の最外周部からの個々の中空繊維の離脱や、中空繊維の潰れ、折れといった損傷が束の取り扱い中ほとんど発生しないので、束を巻く帯は必ずしも必要でない。それゆえ流体分離装置用の円筒状容器への挿入に先立つ中空繊維束の紙巻き作業、及び挿入後の紙の取り外し作業が省略可能であり、成型が極めて容易に行える。

【0017】第2図は本発明の流体分離装置の1例を示すもので、円筒状容器3内に、フィラメント2によって結束された中空繊維束6が内蔵されている。

【0018】フィラメント2は流体分離装置内で中空繊維1とはほぼ同じ程度の長さを有しており、中空繊維と一緒に集束されて両端をポッティング剤7によって流体分離装置の容器3に固着される。中空繊維のみから構成される束の場合は、中空繊維の充填率を68%程度にまで高めると、円筒状容器3にセットされた中空繊維束両端の一部に中空繊維の密集部分ができる。この密集部分の中空繊維間のわずかな隙間には粘性の高いポッティング剤が浸入することができず、いわゆるポッティング部不良の状態となる。このような中空繊維の密集部分を失くすため、通常は円筒状容器にセットする前の中空繊維束の端部のもみほぐしを行うが、その際中空繊維同士が絡み合っ

て高高性が増し、円筒状容器3に再びセットすることが出来なくなるか、無理に絞って細くしようとすると中空繊維に損傷を与え成型収率が低下してしまう。しかしながら本発明の中空繊維束では中空繊維は最密充填に近い状態で配列しているにも拘わらず各中空繊維の間にフィラメントの存在によって微小ながらも確実に隙間が形成されているので、中空繊維の充填率を68%程度にまで高めても中空繊維の密集部分ができず、もみほぐしを行わなくても中空繊維束両端におけるポッティング剤の中空繊維間への廻り込みが良く、それゆえポッティングが確実である。

【0019】第1の流体は入口4から容器内に入り出口5から流出する。第2の流体は入口9から入り、出口10から流出する。その間中空繊維束の外側を流れる第1の流体は偏流することなく装置内を広く流れるので、中空繊維内を流れる第2の流体との間に、高い分離効率を示す。

【0020】なお、若干量のフィラメントが流体分離装置内で切れていても本発明の効果に影響はない。

【0021】本発明の選択透過性中空繊維とフィラメントからなる選択透過性中空繊維束の製造法に限定はなく、所定本数のフィラメントを1本1本の状態で中空繊維とひき揃え、それを束ねて中空繊維束とする方法や、1本または数本の中空繊維と数十本束ねたフィラメントとをひき揃え、それを束ねて中空繊維束とする方法があ

る。この場合は、1本1本のフィラメントを中空繊維のまわりに分散させ、その一部を中空繊維に絡みつかせるために、ひき揃え中に注水を行うかまたはエアを送る方法、または長い束の状態で一端を固定し、他端をフリーな状態で流水中に浸漬する方法や流水下で一端を固定した短い束を振動させる方法などが採用される。

【0022】

【実施例】次に実施例により本発明をより具体的に説明する。なお、以下の実施例においては流体分離装置の1例として血液透析装置を作製し、その分離効率を尿素の

【0023】（実施例1）内径250 μ m、外径320 μ mのポリアクリロニトリル系中空繊維2本に対して、2.1デニールの単糸が24本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、注水を行いながら巻取り集束した。さらにこれを長い束の状態一端を固定し、他端をフリーな状態にして流水中で1本1本のフィラメントが中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつフィラメントの一部が他のフィラメント及び中空繊維に絡みつき中空繊維が互いにフィラメントにより結束された状態の選択透過性中空繊維束を作成した。その際の中空繊維本数は6,900本で、フィラメントの混入比は12であった。

【0024】（実施例2）実施例1で作成した選択透過性中空繊維束を内径31.6mm、長さ210mmの容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の充填率は68.5%、有効膜面積は1.0m²であった。

【0025】上記仕様の透析装置を100本製造したときの成型、組立て収率は98%であった。また、透析実験を、尿素1g/リットルの濃度の溶液を中空繊維の内側に200ml/分で流し、中空繊維の外側に水を500ml/分で流すことにより行い、尿素の入口及び出口

濃度を測定することによりクリアランスを実測したところ、191ml/分であった。さらに、用いた中空繊維の尿素の透過係数は15.2 $\times 10^{-4}$ cm/秒で、理論クリアランスを計算すると192ml/分であった。以上より透析効率は99%であった。

【0026】（実施例3）内径250 μ m、外径320 μ mのポリアクリロニトリル系中空繊維2本に対して、0.1デニールの単糸が1,120本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、注水を行いながら巻取り集束した。次にこれを長い束の状態一端を固定し、他端をフリーな状態にして流水中に流し、さらに長さ310mmの束の状態で流水下に垂直に立て置き、固定した束上端を左右に振り動かした。さらに上下を逆にして同様な操作を繰り返すことによりマルチフィラメントを1本1本のフィラメントに分散させた。このようにして1本1本のフィラメントが中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、且つフィラメントの一部が他のフィラメント及び中空繊維に絡みつき中空繊維が互いにフィラメントにより結束された状態の選択透過性中空繊維束を作成した。その際の中空繊維本数は8,300本で、フィラメントの混入比は560であった。

【0027】（実施例4～12）実施例1で使用了ものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維に対して表1に示したような素材、繊度、混入比の条件で、実施例1で述べた方法で選択透過性中空繊維束を作成し、内径34.7mm、長さ251mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の中空繊維本数は8,300本、充填率は68%、有効膜面積は1.5m²であった。得られた透析装置を用いて、実施例2と同様な透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0028】

【表1】

	中空繊維				フィラメント		容器		有効膜面積	実測透過率 リアクタンス	理論透過率 リアクタンス	透析効率	備考
	素材	内径 (μm)	外径 (μm)	本数	素材	線径 (d)	混入比	長さ (mm)					
実施例 1	ポリアクリロニトリル	250	320	6,900	ポリアクリロニトリル	2.1	12	—	—	—	—	—	100本の中空繊維を組立てて収率8%
実施例 2	"	"	"	"	"	"	"	31.6	210	68.5	1.0	191	
実施例 3	"	"	"	8,300	"	0.1	560	—	—	—	—	—	
実施例 4	"	"	"	"	"	2.1	48	34.7	251	68	1.5	197	
実施例 5	"	"	"	"	"	2.5	3	"	"	"	"	"	
実施例 6	"	"	"	"	"	4.2	"	"	"	"	"	199	
実施例 7	"	"	"	"	"	2.1	18	"	"	"	"	196	
実施例 8	"	"	"	"	"	0.1	560	"	"	"	"	194	
実施例 9	"	"	"	"	"	15	6	"	"	"	"	193	
実施例 10	"	"	"	"	"	0.1	2,800	"	"	"	"	192	
実施例 11	"	"	"	"	"	"	93	"	"	"	"	196	フィラメントなし フィラメントなし フィラメントなし、10本の成 品組立て収率8%
実施例 12	"	"	"	"	"	"	448	"	"	"	"	"	
比較例 1	"	"	"	6,800	—	—	—	31.6	210	(68.5)	(1.0)	—	
比較例 2	"	"	"	8,400	—	—	—	40	240	56	1.6	182	
比較例 3	"	"	"	6,900	ポリアクリロニトリル	(75)	(1)	31.6	210	—	—	—	
比較例 4	"	"	"	7,800	"	"	"	41.3	265	45	1.5	185	
実施例 13	"	"	"	6,200	"	2.1	96	35.9	276	45	1.3	191	
比較例 5	"	"	"	8,300	"	(15)	(0.5)	34.7	251	68	1.5	186	
実施例 14	"	"	"	7,300	"	15	3	34.7	251	69	1.3	193	
比較例 6	"	"	"	"	"	"	0.5	"	"	"	1.3	181	
比較例 7	"	"	"	8,800	"	(15)	0.04	40	240	56	1.5	179	混入比少 減糸 (外径 320 μm)

【0029】（比較例1）実施例1で使用了なものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維のみからなる中空繊維束を作製した。さらに、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は実施例2と同一条件にて成型し、組立てた。その結果、10本製造したときの成型、組立て収率は0%で、全てが中空繊維束両端の隔壁を鋳造するポッティングの際の硬化性液剤（ポッティング剤）が浸入せずに起こった小孔による隔壁の漏洩による不良品であった。

【0030】（比較例2）実施例1で使用了なものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維9,400本のみからなる中空繊維束を内径40mm、長さ240mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の充填率は60%、有効膜面積は1.6m²であった。得られた透析装置で、実施例1で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0031】（比較例3）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維に、特公昭59-18084号公報の実施例1と同様に75デニールのポリエステル加工糸を中空繊維10mmに対し1回の巻き数でSおよびZの2層にラセン状に巻きつけて集束した中空繊維束を作製した。ただし、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は本実施例2と同一条件にて成型し、組立てた。その結果、10本製造したときの成型、組立て収率は0%で、全てが中空繊維束の高剛性のために容器に挿入する際に受けた中空繊維の損傷が原因する不良品であった。

【0032】（比較例4）比較例3と同じ要領で中空繊維に75デニールのポリエステル加工糸を巻きつけた中空繊維束を作製し、有効膜面積を実施例4～12の1.5m²と同一となるように、内径41.3mm、長さ2

66mmの容器に中空繊維本数7,800本、充填率45%で収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で、実施例1で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0033】（実施例13）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維1本に対して、2.1デニールの単糸が96本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、実施例1で述べたと同じ方法で選択透過性中空繊維束を作成し、内径36.9mm、長さ276mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の混入比は96、中空繊維本数は6,200本、充填率は45%、有効膜面積は1.3m²であった。得られた透析装置で、実施例2と同様に透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0034】（比較例5）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維2糸条一対として15デニールのポリエステル加工糸（単糸デニール2.5dのモノフィラメント6本よりなるマルチフィラメントの加工糸）を、特公昭59-18084号公報の実施例3と同様に0.5回/10mmの巻き数で一層に巻きつけた集束した中空繊維束を作製した。ただし、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は本実施例4～12と同一条件にて成型し、組立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で、実施例2で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0035】（実施例14）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維4本に対して、15デニールの単糸が12本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、実施例1で述べたと同じ方法で

選択透過性中空繊維束を作成し、内径34.7mm、長さ251mmの容器に収納して成型し組立てて分離装置を製造した。その際の混入比は3、中空繊維本数は7、300本、充填率は60%、有効膜面積は1.3m²であった。得られた透析装置で実施例2と同様に透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0036】(比較例6)中空繊維24本に対して、15デニールの単糸が12本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、混入比が0.5となるようにした以外は実施例14と同一の条件で透析装置を製造した。得られた透析装置で実施例2と同様の透析実験を行った。得られたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0037】(比較例7)実施例1で使用したのと同じポリアクリロニトリル系中空繊維を用いて特開平2-140172号公報の実施例と同様の中空繊維束を作成した。すなわち、中空繊維25本に対して、15デニールの単糸が36本集まったポリエステル燃糸1本をひき揃えて作成した。この中空繊維束を内径40mm、長さ240mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の中空繊維1本に対する燃糸の混入比は0.04、中空糸本数は8,800本、充填率は56%、有効膜面積は1.5m²であった。得られた透析装置の性能を表1に示す。

【0038】(実施例15)内径185μm、外径220μmの銅アンモニア再生セルロース系中空繊維4本に対して、1.6デニールの単糸が32本集まったポリエ

* ステルマルチフィラメントをひき揃え、エアーを吹きつけながら巻取り集束して、フィラメントが、中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつフィラメントの一部が中空繊維に絡みついた選択透過性中空繊維束を作成した。その際の中空繊維本数は12,000本でフィラメントの混入比を8であった。

【0039】以上により作成した選択透過性中空繊維を内径36.5mm、長さ276mmの容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の湿潤時の充填率は67%、有効膜面積は1.80m²であった。得られた透析装置を用いて実施例2と同様の透析実験を行った。その結果クリアランスの実測値は194ml/分であり、用いた中空繊維の尿素の透過係数は12×10⁻⁴cm/秒で理論クリアランスを計算すると198ml/分であった。以上により透析効率は98%であった。

【0040】(実施例16~20)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維に対して表2に示したような素材、繊維度、混入比の条件で、実施例15と同様な方法で選択透過性中空繊維束を作成し、表1に示したような容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の中空繊維本数、湿潤時充填率、有効膜面積は表2に示す通りであった。得られた透析装置を用いて、実施例15と同様の透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。

【0041】

【表2】

	中空繊維			フィラメント			容器		充填率 (%)	有効膜面積 (m ²)	実測尿素 クリアランス (ml/分)	理論尿素 クリアランス (ml/分)	透析効率 (%)	備考
	素材	内径 (μm)	外径 (μm)	本数	素材	繊維度 (d)	混入比	内径 (mm)	長さ (mm)					
実施例15	銅アンモニア再生セルロース	185	220	12,000	ポリエステル	1.6	8	36.5	276	67	1.8	194	198	98
実施例16	"	"	"	11,000	"	"	"	"	"	51	1.7	193	197	98
実施例17	"	"	"	"	"	2.5	3	"	"	"	"	191	"	97
実施例18	"	"	"	"	ベンベルグ	1.7	11	"	"	"	"	187	"	95
実施例19	"	"	"	7,500	ポリエステル	0.1	50	33.0	251	59	1.3	187	193	97
実施例20	"	"	"	8,900	"	2.5	2	28.6	210	69	1.0	182	185	98
比較例8	"	"	"	12,000	—	—	—	36.5	276	67	1.8	179	198	90
比較例9	"	"	"	10,300	ベンベルグ	1.7	11	36.5	276	57	1.5	155	195	80

【0042】(比較例8)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維のみからなる中空繊維束を作成した。さらに、中空繊維本数、湿潤時充填率、容器及び有効膜面積は実施例15と同一条件にて成型し、組立てた。得られた透析装置で実施例15で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。

【0043】(比較例9)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維4本に対し

て、1.7デニールの単糸が44本集まったベンベルグ(登録商標)マルチフィラメントをひき揃え、エアーを吹きつけることなく巻取り集束した。その際の中空繊維本数は10,300本でフィラメントの混入比は1:1であった。以上により作成した選択透過性中空繊維束を内径36.5mm、長さ276mmの容器に収納して成型し組み立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で実施例15で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。なお、中空繊維

束端面を観察すると中空繊維とフィラメントが分離したような状態になっていた。

【0044】

【発明の効果】本発明にしたがえば、フィラメントの線度が細いために中空繊維束の高高性がほとんど増加せず、しかも束が密に結束しているので、中空繊維の充填率の高い流体分離装置を収率良く製造することができ、小型・高性能化が可能となる。例えば、中空繊維の充填率 ρ を容器内壁の断面 M 、中空繊維の外周のなす円形断面の面積 m 、中空繊維の本数を N としたとき $\rho = N \cdot m$ 10
 $/M$ で定義すれば、従来法では充填率が60%を越えると成型収率が低下するのに対し、本発明に従えば、68%の充填率でも95%以上の成型収率を達成することが可能である。それ故本発明の流体分離装置では、充填率が高められる分だけ小型の容器で設計しても従来法と同等な有効膜面積を得ることが可能である。

【0045】また、本発明の流体分離装置では細い線度のフィラメントが多数中空繊維束内に分散されているために、中空繊維間に極めて微小でばらつきの少ない隙間が形成されており、それゆえ中空繊維の外側を流れる流体がこの隙間を流路として隈なく分配され、偏流することがなく顕著な分離効率の改善が実現できる。

【0046】本発明の流体分離装置を血液透析装置として使用する場合、実測されるクリアランス（単位時間当たり実際にその装置により透析除去される尿素などの溶質の量）の、下記の数式1で示される理論クリアランスに対する百分率で定義される透析効率は、本発明にしたがう血液透析装置ではほぼ100%が実現できる。 *

*【0047】

【数1】

$$C_L = \frac{1 - \exp [N_T (1 - Z)]}{Z - \exp [N_T (1 - Z)]} \cdot Q_0$$

ここで、血流量： Q_0 。

透析液流量： Q_0 。

流量比： $Z = Q_0 / Q_0$ 。

移動単位数： $N_T = KA / Q_0$ 。

K ：総括物質移動係数

A ：透析装置の有効膜面積

【図面の簡単な説明】

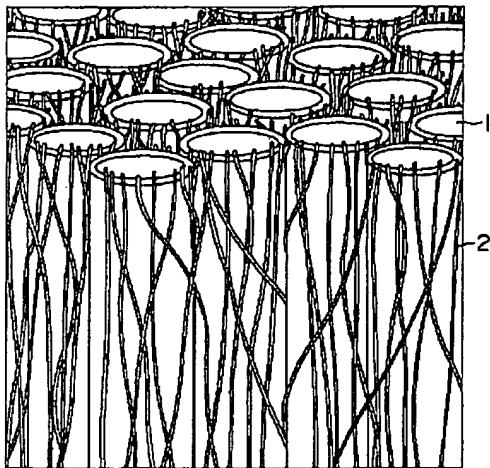
【図1】本発明のフィラメントを分散させた選択透過性中空繊維束の横断面の模式図である。

【図2】本発明の流体分離装置の1例を示す縦断面図である。

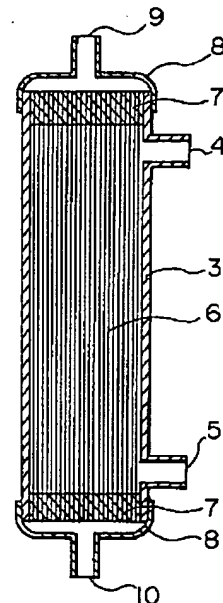
【符号の説明】

- 1 中空繊維
- 2 フィラメント
- 3 容器
- 4 第1の流体の入口
- 5 第1の流体の出口
- 6 中空繊維束
- 7 隔壁（ボッティング部）
- 8 ヘッダー
- 9 第2の流体の入口
- 10 第2の流体の出口

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 錦戸 條二

宮崎県延岡市旭町6丁目4100番地 旭化
成工業株式会社内

(56)参考文献 特開 平3-278821(JP, A)

特開 昭53-35683(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B01D 63/02

B01D 63/00 510

B01D 69/08

WPI(DIALOG)